

US 2004/015457 A1



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 37 934 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 F 1/00**  
F 02 F 7/00

②① Aktenzeichen: 199 37 934.3  
②② Anmeldetag: 11. 8. 1999  
④③ Offenlegungstag: 15. 2. 2001

DE 199 37 934 A 1

⑦① Anmelder:

Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE; ATZ-EVUS Applikations- und Technikzentrum  
für Energieverfahrens-, Umwelt- und  
Strömungstechnik, 92237 Sulzbach-Rosenberg, DE;  
VAW motor GmbH, 53117 Bonn, DE

⑦② Erfinder:

Dörnenburg, Frank, 45219 Essen, DE; Nolte,  
Markus, 33104 Paderborn, DE; Sach, Achim, 88045  
Friedrichshafen, DE; Aumüller, Berthold, 92637  
Weiden, DE; Dotzler, Klaus, 92249 Vilseck, DE;  
Hoffmann, Dieter, 81475 München, DE; Steibl,  
Josef, 85716 Unterschleißheim, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 33 204 A1  
DE 197 11 756 A1  
DE 195 49 403 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

⑤④ Zylinderkurbelgehäuse, Verfahren zur Herstellung der Zylinderlaufbuchsen dafür und Verfahren zur  
Herstellung des Zylinderkurbelgehäuses mit diesen Zylinderlaufbuchsen

⑤⑦ Ein Zylinderkurbelgehäuse aus Leichtmetall für Ver-  
brennungskraftmaschinen weist Zylinderlaufbuchsen mit  
einer die Lauffläche bildenden Laufschrift und einer rau-  
hen äußeren Anbindeschicht zur Anbindung der Zylinder-  
laufbuchsen an das Zylinderkurbelgehäuse beim Gießen  
des Zylinderkurbelgehäuses auf. Bezogen auf die Mantel-  
fläche der Anbindeschicht sind wenigstens 60% der An-  
bindeschicht mit dem Gussmaterial des Zylinderkurbel-  
gehäuses durch Stoffschluss verbunden.

DE 199 37 934 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Leichtmetall-Zylinderkurbelgehäuse für Verbrennungskraftmaschinen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie hat auch ein Verfahren zur Herstellung von Zylinderlaufbuchsen für ein Zylinderkurbelgehäuse sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelgehäuses mit solchen Zylinderlaufbuchsen zum Gegenstand.

Aus Leichtbaugründen erfolgt gegenwärtig eine Substitution von Grauguss durch Aluminiumlegierungen bei Zylinderkurbelgehäusen von Verbrennungskraftmaschinen für Kraftfahrzeuge. Während bei Grauguss der Werkstoff zugleich auch für die Zylinderlaufflächen geeignet ist, werden Aluminium-Gusslegierungen in diesem Bereich durch Zylinderlaufbuchsen verstärkt.

Aus DE 196 05 946 C1 ist eine Zylinderlaufbuchse bekannt, die aus einer Laufschicht aus Molybdän und einer äußeren Schicht aus einer Aluminiumlegierung besteht, die an ihrer Außenseite profiliert ist. Beide Schichten werden durch thermisches Spritzen auf einem rotierenden Dorn gebildet. Durch die Verwendung von Molybdän, einem Antihafmittel, einem Dorn mit einer Hartchromschicht und dergleichen wird die Haftung der Laufschicht an dem Dorn soweit verringert, daß die Buchsen von dem Dorn abgezogen werden können.

Beim Gießen des Zylinderkurbelgehäuses werden die auf Pinolen in der Gießform angeordneten Zylinderlaufbuchsen mit ihrer profilierten Außenfläche mit dem Gussmaterial formschlüssig verbunden. Durch die schwere Molybdänlaufschicht besitzt die bekannte Zylinderlaufbuchse ein erhebliches Gewicht. Zudem besteht die Gefahr einer Buchsenlockerung, des Zylinderverzugs und damit einer Erhöhung der Blow-by-Werte. Auch können in den Mikropalt an der Phasengrenze zwischen dem Gussmaterial und den Buchsen Rückstände aus dem Verbrennungsprozeß eindringen.

Um die Anbindung der Zylinderlaufbuchse an das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses zu verbessern, wird nach DE 196 34 504 A1 durch Bestrahlen der Oberfläche der Zylinderlaufbuchse mit scharfkantigen Partikeln eine Rauheit von 30–60 µm in Form pyramidenähnlicher Ausstülpungen erzielt.

Da die Oxidhaut auf einem Aluminium-Körper, der in ein Aluminiumgussmaterial eingegossen werden soll, die Anbindung an das Gussmaterial verhindert, wird nach DE 197 45 725 A1 die Oxidhaut auf dem Eingusskörper durch thermisches Spritzen mechanisch zerstört, wobei die hierbei anfallenden Oxidpartikel in der Spritzschicht verteilt werden. Zudem ragen die beim Auftreffen nicht komplett aufgeschmolzenen Spritzwerkstoffpartikel aus der Spritzschicht, wodurch die Verbindung mit dem Gussmaterial verbessert wird. Als Spritzwerkstoff wird eine Nickel- oder Molybdän-Legierung verwendet.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine leichte, einfach herstellbare Zylinderlaufbuchse bereitzustellen, die zu einer einwandfreien festen Anbindung an das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses während der gesamten Lebensdauer der Verbrennungskraftmaschine führt.

Dies wird erfindungsgemäß mit dem im Anspruch 1 gekennzeichneten Zylinderkurbelgehäuse erreicht. In den Ansprüchen 2 bis 8 sind vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Zylinderkurbelgehäuses angegeben. Im Anspruch 9 ist ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung der Zylinderlaufbuchsen gekennzeichnet, welches durch die Ansprüche 10 bis 22 in vorteilhafter Weise ausgestaltet wird. Der Anspruch 23 hat ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelgehäuses zum Gegenstand,

das durch die Ansprüche 24 und 25 in vorteilhafter Weise weiter ausgebildet wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Zylinderkurbelgehäuse ist die äußere Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse durch thermisches Spritzen gebildet, das derart ausgeführt wird, dass eine Spritzschicht mit einer hohen offenen Porosität von wenigstens 10 Vol.-%, insbesondere 30–70 Vol.-% gebildet wird.

Die Schichtdicke der Anbindeschicht beträgt vorzugsweise 60 µm–800 µm, insbesondere 100 µm–500 µm. Zur Bindung einer hohen offenen Porosität wird die Anbindeschicht vorzugsweise mit einem grobkörnigen Spritzpulver, mit einer Korngröße von 60 µm–400 µm, insbesondere 90 µm–250 µm erzeugt. Die mittlere Korngröße des Spritzpulvers der Anbindeschicht beträgt damit vorzugsweise mehr als 100 µm, insbesondere mehr als 130 µm. Wenn ein so grobkörniges Spritzpulver verwendet wird, um eine sehr dünne Anbindeschicht zu spritzen, kann statt einer offenen porösen Schicht nur noch eine Schicht entsprechend hoher Rauigkeit gebildet werden.

Die so hergestellte offene poröse bzw. raue Schicht führt beim Gießen des Leichtmetallzylinderkurbelgehäuses zu einer stoffschlüssigen Verbindung der Zylinderlaufbuchse an das Zylinderkurbelgehäuse.

Leichtmetalle, also insbesondere Aluminium und Magnesium sowie deren Legierungen, bilden nämlich im geschmolzenen Zustand eine äußere Oxidhaut, die durch die Reaktion des Leichtmetalls mit dem Umgebungssauerstoff entsteht. Die Oxidhaut schützt die im Inneren strömende Schmelze vor weiterer Oxidation.

Beim Eingießen der Zylinderlaufbuchsen findet beim Einstromen der Metallschmelze zunächst ein Kontakt zwischen der Oxidhaut und der Oberfläche der Zylinderlaufbuchse statt. Aufgrund ihrer chemischen Stabilität und ihrer geringen Benetzungsneigung gegenüber festen Körper, wie den Zylinderlaufbuchsen, liefert die Oxidhaut jedoch keinen Beitrag zur Verbindung zwischen dem festen Körper und dem Umguss. Ein Stoffschluss kann bei bisherigen Buchsensystemen daher nur in sehr eingeschränktem Maße stattfinden.

Die hohe Rauigkeit bzw. offene Porosität der Anbindeschicht der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse führt dazu, die Oxidhaut einer umströmenden Leichtmetallschmelze immer wieder aufzureißen, so daß ein direkter Kontakt zwischen Schmelze und Oberfläche der Anbindeschicht stattfindet. Die Oxidhaut der Schmelze wird also ununterbrochen von den feinen Spitzen der durch thermisches Spritzen erzeugten porösen, rauen Oberfläche der Anbindeschicht durchstoßen.

Nach Aufreißen der Oxidhaut infiltriert die Schmelze die poröse Anbindeschicht. Es kommt damit zu einem direkten Kontakt zwischen der Schmelze und der Oberfläche der Anbindeschicht, der zu einer stoffschlüssigen Anbindung führt. Zudem findet durch den hohen Wärmeeintrag des Umgussmaterials in die Anbindeschicht ein Aufschmelzen der Anbindeschicht an der Oberfläche statt. Auf diese Weise wird ein hoher stoffschlüssiger Anbindungsgrad zwischen der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse und dem Zylinderkurbelgehäuse erhalten. Das heißt, erfindungsgemäß sind, bezogen auf die zylindrische Mantelfläche der Anbindeschicht wenigstens 60%, vorzugsweise wenigstens 80% und insbesondere wenigstens 90% der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse mit dem Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses durch Stoffschluss verbunden. Der Anbindungsgrad kann dabei durch Ultraschall ermittelt werden.

Durch die stoffschlüssige Anbindung der Zylinderlaufbuchsen an das Umgussmaterial wird eine einwandfreie Verankerung der Zylinderlaufbuchsen in dem Zylinderkur-

belgehäuse während der gesamten Lebensdauer des Verbrennungsmotors sichergestellt. Der stoffschlüssige Verbund führt zu einem einwandfreien Wärmeﬂuß durch die Phasengrenzen. Damit werden auch thermisch bedingte Verzüge verhindert.

Die erfindungsgemäßen thermisch gespritzten, tribologisch optimierten Zylinderlaufbuchsen können in handelsübliche, kostengünstige Aluminiumlegierungen eingegossen werden.

Das thermische Spritzen bietet den Vorteil, daß im Vergleich zu anderen Techniken eine nahezu frei wählbare, den lokalen Anforderungen entsprechende Werkstoffzusammensetzung möglich ist. Dabei kann die erfindungsgemäß durch thermisches Spritzen hergestellte Zylinderlaufbuchse sowohl laufflächenseitig im Hinblick auf die tribologischen Eigenschaften als auch motorblockseitig im Hinblick auf die Anbindung legierungsmäßig angepaßt werden. Der die Zylinderlauffläche bildende Werkstoff muß zudem korrosionsbeständig sein. Auch muß er sich spanabhebend bearbeiten lassen, damit die Zylinderlaufbuchse nach dem Eingießen auf Funktionsmaß gebracht werden kann.

Zur Herstellung der Zylinderlaufbuchse wird erfindungsgemäß auf einen Dorn als Formkörper vorzugsweise zuerst eine Trägerschicht thermisch aufgespritzt. Nach dem Aufspritzen der Trägerschicht wird auf die Trägerschicht die Laufschrift durch thermisches Spritzen aufgebracht und dann auf die Laufschrift durch thermisches Spritzen die Anbindeschicht.

Der so hergestellte Zylinderlaufbuchsenrohling wird anschließend vom Dorn entfernt, wobei die Trägerschicht durch ihre geringe Haftung am Dorn das Ablösen des Rohlings vom Dorn erleichtert.

Zur Herstellung des Zylinderkurbelgehäuses werden die Rohlinge in der Gießform auf Pinolen angeordnet. Nach dem Gießen und Entformen des Zylinderkurbelgehäuses wird durch spanabhebende Bearbeitung die Trägerschicht entfernt und die Laufschrift auf ihr Funktionsmaß gebracht.

Zum thermischen Spritzen können alle bekannten Verfahrensvarianten angewendet werden; dies gilt sowohl hinsichtlich der Spritzwerkstoffe (Pulver oder Draht) wie hinsichtlich der Art des Energieträgers (Flamme, Lichtbogen, Plasma).

Damit die erfindungsgemäße Zylinderlaufbuchse eine ausreichende Formstabilität besitzt, weist sie vorzugsweise eine Wandstärke von 1 mm bis 5 mm auf. Die Buchse kann damit von der Herstellung bis zum Einguss problemlos gelagert und gehandhabt werden. Erfindungsgemäß können Zylinderlaufbuchsen mit Normdurchmessern und Längen für alle gängigen Motorentypen hergestellt werden.

Der Dorn besteht vorzugsweise aus Werkzeugstahl oder einem anderen Material, das beim thermischen Spritzen nicht aufgeschmolzen wird. Beim thermischen Spritzen der einzelnen Schichten der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse wird der Dorn in Rotation versetzt.

Damit die Buchsen beim Eingießen auf den Pinolen paßgenau aufgesetzt werden können, weist der Dorn die gleichen Abmessungen wie die Pinolen auf. Demgemäß kann der Dorn mit dem gleichen Konuswinkel von z. B. 0,5° wie die Pinolen konisch ausgebildet sein, um die Zylinderlaufbuchsenrohlinge paßgenau auf die Pinolen aufstecken zu können.

Um das Entfernen des Zylinderlaufbuchsenrohlings vom Dorn zu erleichtern, kann der Dorn hohl ausgebildet sein, um ihn mit einem Medium, wie Wasser, kühlen zu können. Nach dem thermischen Spritzen kann dann der Dorn durch Abkühlen aus dem noch heißen thermischen Zylinderlaufbuchsenrohling ausgeschrumpt werden. Auch kann der Dorn durch Auspressen aus dem Zylinderlaufbuchsenroh-

ling entfernt werden.

Als thermische Spritzverfahren sind erfindungsgemäß alle bekannten Spritzverfahren anwendbar. Zur Herstellung der gesamten Zylinderlaufbuchse ist es zwar denkbar, nur ein Spritzverfahren zu verwenden. Aus wirtschaftlichen Gründen sowie im Hinblick auf die jeweiligen Schichteigenschaften wird jedoch vorzugsweise eine Kombination verschiedener Verfahren verwendet.

So wird die Trägerschicht vorzugsweise durch Flamm-spritzen mit Spritzdraht hergestellt, da dieses Verfahren besonders wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Als Spritzwerkstoffe werden für die Trägerschicht vorzugsweise Zinn, Zink, Aluminium und deren Legierungen verwendet, da sie einerseits zu einer ausreichenden Haftung der Trägerschicht auf dem Dorn führen und andererseits sicherstellen, daß die fertig gespritzte Buchse in einfacher Weise vom Dorn abgelöst werden kann. Die Trägerschicht weist vorzugsweise eine Dicke von 20 µm bis 500 µm, insbesondere 50 µm bis 100 µm auf. Die Trägerschicht ist bei der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse im allgemeinen insbesondere dann erforderlich, wenn die Laufschrift aus einer Leichtmetalllegierung besteht, die ohne Trägerschicht an den Dorn derart haften würde, daß die Zylinderlaufbuchse vom Dorn ohne Zerstörung nicht ablösbar ist.

Die Laufschrift, die aus Gewichtsgründen erfindungsgemäß aus einer Leichtmetalllegierung besteht, insbesondere einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung, und zwar einer tribologisch geeigneten, korrosionsbeständigen Leichtmetalllegierung, ist bevorzugt eine Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Si-Gehalt von insbesondere 12 bis 50 Gew.-%. Bei einem Si-Gehalt von < 12 Gew.-% können die tribologischen Eigenschaften zu wünschen übrig lassen, bei einem Si-Gehalt von > 50% ist das Material meist spröde und damit nur schwer zu bearbeiten.

Die Leichtmetalllegierung kann weitere tribologisch wirksame Zusätze enthalten, beispielsweise Siliziumcarbid, Graphit oder Molybdän.

Falls eine Al-Si-Legierung für die Laufschrift verwendet wird, kann sie noch folgende Legierungsbestandteile, bezogen auf das Gewicht, enthalten:

Fe: 0,5–2,0%, bevorzugt 0,5–1,5%  
Ni: 0,5–2,0%, bevorzugt 0,5–1,5%  
Mg: 0,5–2,0%, bevorzugt 0,5–1,5%  
Cu: 0,5–2,0%, bevorzugt 0,5–1,5%

Durch diese Legierungsbestandteile wird die Härte und Warmfestigkeit der Laufschrift erhöht.

Die Herstellung der Lauffläche kann durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Flamm-spritzen und Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) mit einem Spritzpulver erfolgen. Auch kann ein spezielles Verfahren auf dem Gebiet des Hochgeschwindigkeit-Flammspritzens, das unter dem Namen CGDM (Cold-Gas Dynamic Spray Method) bekannt geworden ist, angewendet werden.

Falls ein Spritzpulver verwendet wird, liegt die mittlere Korngröße vorzugsweise unter 100 µm, insbesondere unter 80 µm, vorzugsweise wird eine Siebfraction zwischen 10 µm und 125 µm eingesetzt, um eine tribologisch geeignete korrosionsfeste und spanabhebend bearbeitbare Lauffläche zu erhalten. Die Laufschrift kann jedoch auch mit drahtförmigen Spritzwerkstoffen beispielsweise durch Drahtflammspritzen oder Lichtbogenspritzen hergestellt werden. Wegen der größeren Werkstoffauswahl wird jedoch im allgemeinen das Pulverspritzen vorgezogen.

Im endbearbeiteten Zustand im Zylinderkurbelgehäuse weist die Laufschrift vorzugsweise eine Dicke von 0,5 mm bis 3 mm, insbesondere 1 mm bis 2 mm auf.

Die Bildung der porösen Anbindeschicht der erfindungsgemäßen Zylinderlaufbuchse kann durch Verwendung eines Spritzpulvers mit entsprechend großer Korngröße und ein geeignetes thermisches Spritzverfahren erfolgen. Das Spritzpulver weist dazu vorzugsweise eine mittlere Korngröße zwischen 60 µm und 400 µm, insbesondere von mehr als 100 µm, insbesondere mehr als 150 µm auf. Vorzugsweise wird eine Siebfraction zwischen 90 µm und 250 µm eingesetzt. Als thermisches Spritzverfahren können alle Pulver-Verfahren angewendet werden, insbesondere das Flamm- oder Plasmaspritzen. Beim Flamm-spritzen kann ein Spritzabstand von 50 mm bis 400 mm, insbesondere 100 mm bis 250 mm angewendet werden.

Es ist jedoch auch der Einsatz eines Spritzdrahtes möglich, wobei dann die Porosität der Anbindeschicht durch Einstellung entsprechender Prozeßparameter erzielt wird, beispielsweise einen größeren Spritzabstand.

Zur stoffschlüssigen Anbindung an das aus Leichtmetall bestehende Gussmaterial besteht der Spritzwerkstoff für die Anbindeschicht aus einer artgleichen Leichtmetalllegierung.

Das heißt, da das Gussmaterial normalerweise eine Aluminiumlegierung ist, besteht auch die Anbindeschicht aus einer Aluminiumlegierung. Es ist jedoch auch ein Gussmaterial und eine Anbindeschicht, z. B., aus einer Magnesiumlegierung denkbar.

Der zum Spritzen der Anbindeschicht verwendete Werkstoff wird vorzugsweise einerseits an den Laufschiichtwerkstoff und andererseits an den Gusswerkstoff angepaßt. D. h., wenn die Gusslegierung aus einer Al-Si-Legierung und die Laufschiicht aus einer Al-Si-Legierung besteht, wird für die Anbindeschicht vorzugsweise ebenfalls eine Al-Si-Legierung verwendet. Der Si-Gehalt der Al-Si-Legierung der Anbindeschicht liegt dabei vorzugsweise zwischen dem Si-Gehalt der Al-Si-Gusslegierung und dem der Laufschiichtlegierung. D. h., wenn eine Gusslegierung aus Al-Si mit einem Si-Gehalt von 9 bis 10 Gew.-% und eine Laufschiicht aus Al-Si mit einem Si-Gehalt von 25 Gew.-% verwendet wird, kann der Si-Gehalt der Al-Si-Legierung der Anbindeschicht beispielsweise zwischen 10 und 25 Gew.-% betragen. Auch ist es möglich, einen gradierten Übergang der Zusammensetzung der Anbindeschicht zwischen der Laufschiicht und der Gusslegierung durch entsprechende Änderung des Spritzwerkstoffs während des Spritzens der Anbindeschicht durchzuführen. Auch kann durch Änderung der Prozeßparameter die Porosität der Anbindeschicht von der Laufschiicht zum Gusswerkstoff geändert werden.

Durch die Verwendung artgleicher Verfahren und Werkstoffe für die Laufschiicht und die Anbindeschicht wird ein inniger Verbund zwischen Laufschiicht und Anbindeschicht erzielt. Zugleich führt die offen poröse Struktur der Anbindeschicht zu einer stoffschlüssigen Anbindung der Gusslegierung nicht nur an der Oberfläche der Anbindeschicht, sondern tief in sie hinein.

Die Dicke der Anbindeschicht kann 60 µm bis 800 µm betragen; vorzugsweise liegt sie zwischen 100 µm und 500 µm.

Der so hergestellte thermisch gespritzte Zylinderlaufbuchsenrohling kann unmittelbar nach dem Spritzprozeß in das Zylinderkurbelgehäuse eingegossen werden.

Vorzugsweise wird der Zylinderlaufbuchsenrohling vor dem Einguss jedoch einer Wärmebehandlung unterworfen, um durch künstliche Alterung ein stabiles Gefüge zu erhalten.

Die Wärmebehandlung kann bei einer Temperatur zwischen 300°C und 550°C eine halbe Stunde bis zu mehreren Stunden durchgeführt werden.

Beim Gießen des Zylinderkurbelgehäuses liegt die Tem-

peratur der Schmelze vorzugsweise über der Schmelztemperatur der Anbindeschicht der Zylinderlaufbuchse, um zur Verbesserung der stofflichen Anbindung die Anbindeschicht an ihrer Oberfläche beim Gießen anzuschmelzen.

Die Ausbildung der Grenzfläche zwischen dem Gussmaterial und der Zylinderlaufbuchse wird erheblich von dem eingesetzten Gießverfahren beeinflusst. Zwar kann zum Gießen das Schwerkraftverfahren durchgeführt werden, jedoch werden gegenüber drucklosen Gießverfahren erfindungsge-  
mäß druckunterstützte Gießverfahren bevorzugt.

Bei druckunterstützten Gießverfahren führt nämlich die Aufbringung einer äußeren Kraft beim Füllen der Gießform und während der Erstarrung zu einer weiteren Erhöhung des stoffschlüssigen Anbindungsgrades. Dies gilt insbesondere, wenn das Gießen mit einem druckunterstützten Verfahren bei einer Anschnittgeschwindigkeit von größer als 1 m/s durchgeführt wird. Bei druckunterstützten Gießverfahren, insbesondere Hoch- und Mitteldruck-Gießverfahren wird die Schmelze auch in feinste Hohlräume eingepreßt. Durch den vollständigen Formschluss mit einer stark vergrößerten Oberfläche werden ideale Bedingungen auch für einen Stoffschluss geschaffen. Durch die gezielte Einstellung der Formfüllgeschwindigkeit und des Temperaturhaushaltes läßt sich der stoffliche Verbund weiter optimieren. Das nachstehende Beispiel dient der weiteren Erläuterung der Erfindung.

#### Beispiel

Ein aus Werkzeugstahl bestehender Dorn (Hohldorn) mit einer Konizität von 0,5° wird mit einer Geschwindigkeit von 180 U/min umlaufen gelassen. Auf den Dorn wird durch Flamm-spritzen mit einem Draht aus Zink bei einem Spritzabstand von ca. 100 mm bis 150 mm eine an ihrer Außen-  
seite zylindrische Trägerschiicht mit einer Dicke von ca. 70 µm aufgebracht.

Bei gleicher Umlaufgeschwindigkeit und gleichem Spritzabstand wird durch Plasmaspritzen mit einem Al-Si-Legierungspulver mit einem Si-Gehalt von 25 Gew.-% und einer Korngröße (Siebfraction) von 10 µm bis 125 µm eine 2 mm dicke Laufflächenschicht auf die Trägerschiicht aufgetragen. Bei gleicher Umlaufgeschwindigkeit des Dorns und gleichem Spritzabstand erfolgt dann der Auftrag einer etwa 300 µm dicken Anbindeschicht durch Flamm-spritzen mit einem Al-Si-Legierungspulver mit einem Si-Gehalt von 15 Gew.-% und einer Korngröße (Siebfraction) von 90 µm bis 250 µm.

Der Dorn wird mit kaltem Wasser abgeschreckt und damit durch Ausschrumpfen von dem noch heißen Zylinderlaufbuchsenrohling gelöst.

Der Rohling wird anschließend auf die Pinole in einer Gießform gesteckt und durch Druckguss mit einer Al-Si-Legierung mit einem Si-Gehalt von 9 Gew.-% eingegossen. Nach dem Entformen wird durch spanabhebende Bearbeitung die Trägerschiicht entfernt und die Laufschiicht auf das zylindrische Funktionsmaß gebracht.

Eine Ultraschalluntersuchung ergibt, daß, bezogen auf die zylindrische Mantelfläche der Anbindeschicht, über 90% der Anbindeschicht mit dem Gussmaterial durch Stoffschluss verbunden sind.

#### Patentansprüche

1. Zylinderkurbelgehäuse aus Leichtmetall für Verbrennungskraftmaschinen mit Zylinderlaufbuchsen mit einer die Lauffläche bildenden Laufschiicht und einer rauen äußeren Anbindeschicht zur Anbindung der Zylinderlaufbuchsen an das Zylinderkurbelgehäuse beim

Gießen des Zylinderkurbelgehäuses, **dadurch gekennzeichnet**, dass, bezogen auf die Mantelfläche der Anbindeschicht, wenigstens 60% der Anbindeschicht mit dem Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses durch Stoffschluss verbunden sind.

2. Zylinderkurbelgehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der stoffschlüssige Anbindungsgrad zwischen der Anbindeschicht und dem Gussmaterial wenigstens 90% beträgt.

3. Zylinderkurbelgehäuse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anbindeschicht eine Schichtdicke von 50 µm bis 800 µm aufweist.

4. Zylinderkurbelgehäuse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anbindeschicht eine durch thermisches Spritzen erzeugte offene Porosität besitzt.

5. Zylinderkurbelgehäuse nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die offene Porosität der Anbindeschicht wenigstens 10 Volumen-% beträgt.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anbindeschicht und das Gussmaterial aus einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung bestehen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift aus einer Aluminium- oder Magnesiumlegierung besteht.

8. Zylinderkurbelgehäuse nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufschrift der Zylinderlaufbuchse aus einer Aluminium-Silizium-Legierung mit einem hohen Silizium-Gehalt und das Gussmaterial des Zylinderkurbelgehäuses aus einer Aluminium-Silizium-Legierung mit einem geringen Silizium-Gehalt gebildet ist und die Anbindeschicht aus einer Aluminium-Silizium-Legierung mit einem Silizium-Gehalt besteht, der zwischen dem Silizium-Gehalt der Laufschrift und dem Silizium-Gehalt des Gussmaterials liegt.

9. Verfahren zur Herstellung einer Zylinderlaufbuchse für ein Zylinderkurbelgehäuse nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Laufschrift auf einen als Formkörper dienenden Dorn und auf die Laufschrift die Anbindeschicht thermisch aufgespritzt werden, dadurch gekennzeichnet, daß das thermische Spritzen der Anbindeschicht derart durch geführt wird, daß die Anbindeschicht eine offene Porosität von wenigstens 10 Vol.-% aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das thermische Spritzen der Anbindeschicht mit einem Spritzpulver mit einer mittleren Korngröße zwischen 60 µm und 400 µm durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das thermische Spritzen der Anbindeschicht durch Flamm- oder Plasmaspritzen erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zum thermischen Spritzen der Laufschrift ein Spritzwerkstoff aus einer Aluminium-Silizium-Legierung verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aluminium-Silizium-Legierung einen Silizium-Gehalt von 12 bis 50 Gew.-% aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Spritzwerkstoff als weitere Legierungsbestandteile Eisen, Nickel, Magnesium und/oder Kupfer in einem Anteil von 0,5% bis 2%, bezogen auf das Gewicht der Legierung, aufweist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das thermische Spritzen der Laufschrift mit einem Spritzpulver mit einer Korn-

größe von weniger als 150 µm durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Dorn vor dem Aufspritzen der Laufschrift eine Trägerschicht thermisch aufgespritzt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß für die Trägerschicht ein Spritzwerkstoff aus Zink, Zinn, Aluminium und/oder einer Legierung dieser Metalle verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Trägerschicht von der Laufschrift durch spanabhebende Bearbeitung entfernt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Entfernung der Trägerschicht durchgeführt wird, wenn die Laufschrift der in das Zylinderkurbelgehäuse eingegossenen Zylinderlaufbuchse durch spanabhebende Bearbeitung auf ihr zylindrisches Funktionsmaß gebracht wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Dorn beim thermischen Spritzen der Trägerschicht, der Laufschrift und/oder der Anbindeschicht in Rotation versetzt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Dorn vor der Entfernung aus der noch erwärmten thermisch gespritzten Zylinderlaufbuchse durch Abschrecken ausgedrückt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderlaufbuchse einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur zwischen 300°C und 550°C unterworfen wird.

23. Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkurbelgehäuses nach einem der Ansprüche 1 bis 6 unter Verwendung einer nach einem der Ansprüche 7 bis 20 hergestellten Zylinderlaufbuchse, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Schmelze beim Gießen des Zylinderkurbelgehäuses über der Schmelztemperatur der Anbindeschicht liegt.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Gießen des Zylinderkurbelgehäuses mit einem druckunterstützten Verfahren durchgeführt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das druckunterstützte Gießen mit einer Anschnittgeschwindigkeit von mehr als 1 m/sec durchgeführt wird.

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**